

PATOLOGIA EM LAJES PRÉ-FABRICADAS: ESTUDO DE CASO EM EDIFICAÇÃO, LAGO CORUMBÁ – GO

Amanda Amaral Costa Nunes¹
Eduardo Mariano Cavalcante Castro²

Resumo: A laje pré-moldada é uma estrutura muito procurada no Brasil para obras de pequeno porte. As mais predominantes são as lajes convencionais e treliçadas com preenchimento de isopor ou lajota para obras residenciais sejam simples ou de alto padrão. Porém, é muito comum a aparição de patologias quando executadas de modo incorreto. Dessa forma, nesse estudo de caso busca-se apresentar a aparição de patologias em lajes pré-moldadas treliçadas mediante a mudança de uso de cobertura para pavimento sem a consulta de um responsável técnico.

Palavras-chaves: laje treliçada, patologia, mudança de uso de laje.

PATHOLOGY IN PREFABRICATED SLABS: CASE STUDY IN BUILDING, LAGO CORUMBÁ – GO.

ABSTRACT: The precast slab is a highly sought after structure in Brazil for small works. The most predominant ones are conventional and lattice slabs filled with Styrofoam or tiles for residential works, whether simple or high standard. However, it is very common for pathologies to appear when performed incorrectly. Therefore, in this case study we seek to present the appearance of pathologies in lattice precast slabs through the change of use from covering to flooring without consulting a technician responsible.

Keywords: lattice slabs, pathologies, change of use.

INTRODUÇÃO

A definição de patologia pode variar dependendo do contexto que é utilizada. Na medicina, por exemplo, refere-se ao estudo das doenças, incluindo suas causas, mecanismos, manifestações clínicas, desenvolvimento e consequências. Enquanto na computação, patologia pode referir-se ao estudo das falhas e problemas em sistemas computacionais, software ou hardware. Já na engenharia civil e na arquitetura é o estudo das falhas, deterioração e danos em

¹ Discente do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário de Goiás – UNIGOIÁS. E-mail: amandinha.amaral@hotmail.com.br

² Professor Assistente Eduardo Mariano Cavalcante de Castro do Centro Universitário de Goiás – UNIGOIÁS. Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Ouro Preto, UFOP. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6944742844619983>. E-mail: eduardo.castro@unigoias.edu.br

estruturas físicas como edifícios, pontes, estradas, etc. Envolve a investigação das causas subjacentes a problemas estruturais, como corrosão, desgaste, fatores ambientais e falhas de projeto, para propor soluções de reparo e prevenção.

Segundo a Norma Brasileira 15575/2013 (Edificações habitacionais – desempenho), as manifestações patológicas são anomalias ou imperfeições no produto devido a falhas no design, fabricação, instalação, montagem, uso ou manutenção, excluindo problemas derivados do processo natural de envelhecimento.

Dentro desse conceito se enquadra a ignorância, cobiça e/ou economia humana, que promove a mudança de uso de uma edificação construída para um determinado fim e depois tem sua finalidade alterada após a construção, pelo proprietário ou responsável. Como por exemplo, uma festa de casamento com 700 convidados que ocorreu em Israel no salão de festas do Palácio Versalhes – o qual tinha quatro andares –, que terminou em uma tragédia após a estrutura desabar, tendo 30 mortes e mais de 300 feridos. O prédio havia sido construído para ser uma indústria, contudo foi modificado e teve quatro colunas e uma parede divisória retirada a fim de ampliar os salões. Ocorreu um erro no reforço, o que levou a sobrecarregar a estrutura existente provocando o desastre que ocorreu.

Portanto, de acordo com a Norma Brasileira 6120/2019 (Cargas para o cálculo de estruturas de edificações) deduz-se que é possível que um edifício calculado para uma carga de maior intensidade seja utilizado para uma finalidade cuja carga seja menos intensa. Por outro lado, também se deduz que não pode haver uma mudança de uso onde o edifício tenha sido calculado para uma carga de menor intensidade para uso com maior intensidade, como ocorreu em Israel.

Dessa forma, caso exista a necessidade de fazer alterações é preciso fazer adequações que normalmente são feitas através de reforços estruturais. É nesse caso que entra a consulta ao engenheiro projetista para que ele possa avaliar a situação e viabilizar a melhor forma de resolver e adequar a estrutura para o novo fim a que foi destinado. Caso contrário, há grandes possibilidades de ocorrências de patologias, como trincas, fissuras, rachaduras e mesmo colapso.

Portanto, este projeto de pesquisa pretende promover o estudo de aparições de patologias em lajes pré-moldadas por mudança de uso mediante, principalmente, a falta de consulta de um profissional qualificado.

METODOLOGIA

O estudo de caso foi realizado no Condomínio Vaca Brava, no Lago Corumbá, em Goiás, e para preservar o anonimato dos envolvidos com a laje, eles não serão mencionados. A laje estudada é uma laje treliçada com preenchimento de isopor que foi utilizada para construir um pavimento superior sobre ela a qual sofreu anomalias patológicas. Para entender melhor sobre o material foi feito uma visita em campo e realizado um questionário (ver anexo A-1) para obter informações de um dos quatro proprietários da obra, que estava no local durante a visita, e seu mestre de obras.

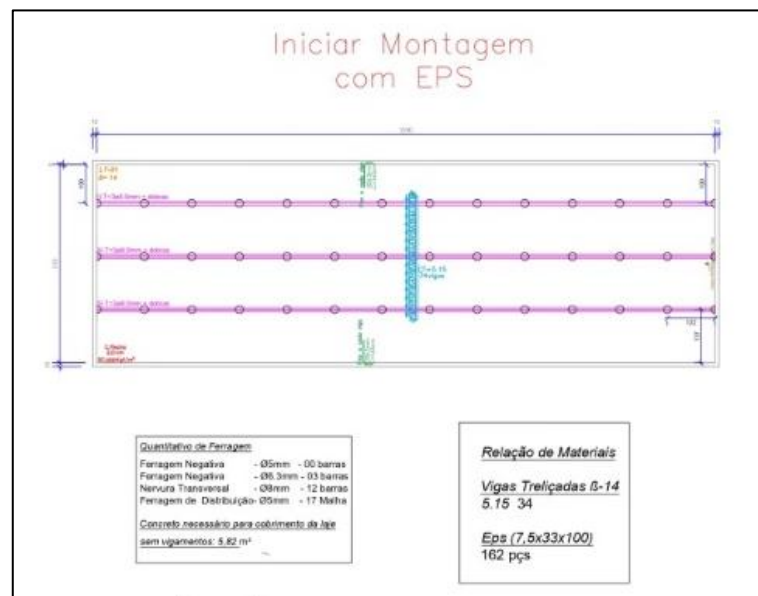
Com a visita *in loco*, notou-se que a obra estava em etapa de acabamento, portanto a parte estrutural já estava finalizada, então vale salientar que o foco deste estudo de caso é somente a laje não adentrando as demais estruturas (vigas, pilares e fundações). Sendo assim, o que impeliu a investigação da obra para este estudo foi a deformação da laje.

Como a obra não possuía qualquer tipo de projeto além do projeto de laje feito pelo fornecedor do material (figura 1), foi feito uma medição cautelosa para que fosse possível gerar um projeto de arquitetura, mesmo que simples, de todos os pavimentos da obra, todas as esquadrias, a altura de cada pé direito, a espessura da alvenaria e a posição delas, dos pilares para verificar se realmente eram todos iguais ou não (como o proprietário disse no anexo A-1), dos degraus da escada, da altura do guarda-corpo do terraço, e dessa forma, foi possível gerar as plantas baixas, a partir do software Sketchup, do pavimento térreo (ver anexo A-2), superior (ver anexo A-3) e cobertura (ver anexo A-4), além do projeto em 3D (ver anexos A-5 e A-6).

Para efetuar a medição foram usados os seguintes materiais: trena de 8m, linha de pedreiro, caderno, caneta, além de uma câmera para registrar todo o processo.

Dados do projeto estrutural das lajes

Figura 1 – Visão geral do projeto da laje do pavimento superior.



Fonte: Projeto da laje de piso fornecido pelo proprietário da obra. Março/2024.

Nesta parte do projeto da figura 1 foi possível observar que:

- A laje se tratava de uma treliça de 14cm de altura final, como expresso na relação de materiais;
- Em teoria, a laje foi prevista para uma carga permanente mais sobrecarga de 250kgf/m²;
- O isopor fornecido possuía 7,5cm de espessura, 33cm de largura e 100cm de comprimento;
- Foi indicado três linhas de nervura transversal (as linhas vermelhas), sendo que em cada linha foi preciso colocar três barras de ferro de 8mm de bitola para atravessar o sentido contrário da laje, ou seja, para passar pelo vão de 16m;
- De ferro negativo, foi mencionado uma barra de 6,3mm de bitola com 1,65m de comprimento por extremidade da viga da laje para travamento;
- De malha de distribuição foi indicado 17 malhas de aço com bitola de 5mm, porém não foi possível descobrir o espaçamento da malha e nem seu tamanho;
- Além disso, no projeto foi colocado três linhas de escora em que cada uma possui 14 escoras, sendo ao todo 42, e previu uma contra flecha de 2cm. Cada linha de escora foi espaçada com 1,30m aproximadamente e cada escora dentro da linha possui uma distância entre elas de 1,22m em média;

Dados coletados *in loco*

Através da medição, foi detectado uma flecha de 4cm na laje do pavimento superior (ver anexo A-7), o projeto da figura 1 auxiliou a entender melhor que se tratava de uma laje beta-14 (sendo uma treliça com 10cm de altura com um preenchimento de isopor de 7,5cm de espessura, e mais 4cm de capeamento de concreto, que somados são 14cm de altura final). Além disso, na visita *in loco* foi encontrado uma viga que restou da laje fornecida sendo possível verificar sua altura, além de notar que nela havia uma barra de aço de 6,3mm de bitola (ver anexos A: 8, 9, 10, 11) como armação positiva para vencer um vão de 4,95m internos com várias paredes distribuídas sobre ela.

É importante pontuar que na laje do pavimento superior só havia vigas externas que circundavam o perímetro, ou seja, não havia vigas de um pilar para o outro atravessando o vão internamente para poder estabilizar a estrutura (ver anexo A-12). Ao invés disso, foram usadas vigas de treliça justapostas com o intuito de substituir essas vigas estruturais, como mostra na figura 2. Já a laje de cobertura possuía vigas apoiadas nos pilares intermediários (ver anexo A-13).

Figura 2 – Laje do pavimento superior.



Fonte: Foto tirada pela autora. Março/2024.

Outro ponto observado foi que mesmo o projeto indicando que a passagem de tubulações hidráulicas e elétricas deveriam ser feitas entre o isopor sem prejudicar a viga

treliçada, três delas foram rompidas pelo construtor para passar tubulação que dava acesso ao vaso sanitário do pavimento superior, como mostra nas figuras 3 e 4.

Figura 3 – Laje danificada na varanda para passar tubulação hidráulica.



Fonte: Foto tirada pela autora. Março/2024.

Figura 4 – Laje danificada na cozinha para passar tubulação hidráulica.



Fonte: Foto tirada pela autora. Março/2024.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O desenvolvimento do ser humano quanto à construção civil

Na engenharia civil, essa revolução tecnológica se aplicou quanto ao avanço dos materiais na área da construção, como a melhoria do concreto com aditivos que modificam suas propriedades físico-químicas quanto à trabalhabilidade, à resistência, ao tempo de cura, entre outras (TOKUDOME, 2007).

Outro avanço notório ocorreu com o surgimento de lajes pré-moldadas que são elementos estruturais de uma edificação com função de disseminar as cargas para as vigas e pilares. Elas são constituídas por vigotas de concreto e lajotas (tabelas) de concreto ou cerâmica. Esse tipo de laje é moldado *in loco*, ou seja, dentro do canteiro de obras, ou também, podem ser compradas prontas, então são chamadas de pré-fabricadas. As vantagens das lajes pré-moldadas ou pré-fabricadas é que elas conseguem vencer grandes vãos com quantidade mínima de altura, permitem agilidade ao andamento da obra, diminuição das etapas de produção, redução da mão de obra e facilidade na execução (FIDELI, 2023).

A evolução das lajes pré-moldadas tem sido marcada pela introdução de novos materiais e técnicas de construção. Os tipos mais comuns incluem (PEREIRA, 2021):

- **Lajes treliçadas com lajotas:** São vigotas de concreto armado, constituídas por uma base de concreto que serve de apoio para uma treliça metálica, revestidas por tabelas de concreto ou cerâmicas. Após a montagem do sistema, é lançado uma capa de concreto para unir as peças. Este tipo de laje pode ser utilizado tanto em obras de grande porte quanto de pequeno porte (PEREIRA, 2021).
- **Lajes treliçadas com EPS:** A diferença desta para a anterior é somente o revestimento, neste caso, feito com placas de EPS (isopor). Também são chamadas de lajes de isopor. A vantagem deste sistema é a melhoria no isolamento térmico e acústico da edificação, além da fácil montagem e instalação das tubulações (PEREIRA, 2021).
- **Lajes alveolares:** São constituídas por painéis de concreto protendido vazados, com alvéolos longitudinais, que permitem a redução do peso da peça. O concreto utilizado na fabricação desta laje é de elevada resistência à compressão (maior que 45Mpa) e as armaduras, com aços específicos para protensão. Esta laje é muito utilizada em edificações de grande porte, como universidades, hospitais, galerias, estacionamentos, entre outras (PEREIRA, 2021).
- **Lajes de painéis treliçados:** São constituídas por vigotas de concreto armado que sustentam uma treliça metálica, porém, com maior base, formando nervuras mais robustas e permitindo maior capacidade de carga. Estes painéis ficam lado a lado, estruturando a própria forma para a concretagem. São indicados para edificações com maiores carregamentos (PEREIRA, 2021).

Utilização da laje pré-fabricada em edificações

Conforme observado por Vasconcelos (2002), é difícil determinar a data exata em que a pré-moldagem teve início. O próprio nascimento do concreto armado aconteceu por meio da pré-moldagem de elementos, realizada fora do local de sua aplicação. Portanto, é válido afirmar que a pré-moldagem pode ser considerada como o ponto de partida para a invenção do concreto armado.

A evolução da indústria da construção civil passou por várias fases, cada uma caracterizada por uma ampla gama de métodos, tecnologias e estilos arquitetônicos distintos. Nos tempos atuais, observa-se uma notável organização em diferentes setores, nos quais se encontram sistemas construtivos e práticas de gestão industrial. Dentre esses sistemas, destacam-se os elementos pré-fabricados em concreto armado (PIGOZZO, 2005). As Figuras 5 e 6 representam o armazenamento das lajes pré-fabricadas no estoque, organizadas de acordo com sua tipologia e destino na obra.

Figura 5 – Laje pré-fabricada convencional.



Fonte: Foto tirada pela autora, 2023.

Figura 6 – Laje pré-fabricada treliçada.



Fonte: Foto tirada pela autora, 2023.

A fase inicial, de extrema importância no processo, é o momento em que todos os pré-requisitos se apresentam de maneira coordenada, a fim de serem trabalhados e transformados no produto final que se espera. Esses pré-requisitos são originados das demandas do usuário, que variam conforme o tipo de construção. De acordo com Souza (1988), essas demandas podem ser categorizadas em quatro grupos distintos:

1. Requisitos de segurança;
2. Requisitos de habitabilidade;
3. Requisitos de durabilidade;
4. Requisitos de eficiência econômica.

Modo de escoramento

Geralmente, as fôrmas para lajes são confeccionadas com madeira compensada revestida de plástico ou chapas de aço dispostas no piso, juntamente com escoras, longarinas e travessas. Essas fôrmas têm a finalidade de dar forma e sustentação, permitindo que o concreto atinja a resistência necessária para o projeto.

De acordo com o item 7.2.2.3 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na Norma Brasileira (NBR) 14931/04 (Execução de estruturas de concreto – procedimentos) o sistema de fôrmas deve reproduzir o formato e as dimensões das superfícies das lajes a serem moldadas, garantindo que sejam à prova de vazamentos para evitar a perda de pasta de cimento durante a concretagem. Além disso, é necessário seguir as diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR 7190 (Projetos de estruturas de madeira).

O escoramento é instalado sob as fôrmas, utilizando escoras de madeira, normalmente espaçadas a cada 60cm a 80cm, ou de acordo com as especificações do projeto. Essas escoras são apoiadas em cunhas ou caixas de areia com o propósito de nivelar as fôrmas. De acordo com o item 7.2.2.2 da NBR 14931/04 (Execução de estruturas de concreto – procedimentos), o escoramento deve ser projetado e executado de modo a suportar seu próprio peso, o peso da estrutura e quaisquer cargas acidentais que possam surgir durante o processo de construção, prevenindo deformações indesejadas não previstas no projeto.

É essencial verificar o estado do escoramento das fôrmas, a fim de garantir que as dimensões e as posições das fôrmas estejam de acordo com o projeto, permitindo a movimentação segura de pessoal e equipamentos necessários para a operação de concretagem.

No caso das fôrmas e escoramentos utilizados em elementos pré-moldados, eles devem ser capazes não apenas de suportar seu próprio peso, mas também de suportar os elementos de

enchimento, o concreto da camada superior e possíveis cargas acidentais durante as fases de montagem e concretagem, especialmente em vãos de até 1,5 metros, segundo a NBR 14931/04 (Execução de estruturas de concreto – procedimentos).

Armadura

As armaduras empregadas à laje são as malhas de aço, os ferros negativos aplicados em cada extremidade da laje com a viga da obra e as nervuras transversais. O sistema proposto de laje reforçada com nervuras adaptativas oferece duas vantagens distintas: a primeira é a geometria das nervuras que permite a aplicação de forças de forma excêntrica ao eixo neutro das nervuras da laje; e a segunda é a cobertura de concreto protege o sistema de forças ambientais. Em situações de carga intensa, as deflexões são ativamente controladas para atender aos limites de utilização. A capacidade de neutralizar ativamente o impacto das cargas resulta em economias significativas de material, energia incorporada e emissões associadas (REKSOWARDOJO et al., 2024).

A malha POP de aço é um tipo de armadura de aço pré-fabricada utilizada em estruturas metálicas, composta por fios transversais e longitudinais sobrepostos e soldados em todos os pontos de cruzamento. Essa malha é especialmente projetada para ser empregada em pequenas obras populares, sejam elas residenciais ou comerciais. Especificamente na laje, ela auxilia a evitar trincas e fissuras na capa de concreto feita sobre ela, aumentando a resistência (MALHA, 2021).

Para garantir a conformidade com o projeto estrutural, as barras de aço devem possuir as dimensões de comprimento e curvatura especificadas, dentro das tolerâncias estabelecidas. Antes da concretagem, a NBR 14931/04 (Execução de estruturas de concreto – procedimentos) exige que a superfície das formas seja limpa, removendo qualquer detrito que não faça parte da armação ou das instalações elétricas/hidráulicas. Além disso, as formas devem ser umedecidas para verificar a estanqueidade das juntas, a fim de evitar vazamentos de pasta ou argamassa, e para saturar as formas com água, reduzindo a perda de água do concreto para as formas.

Durante o processo de concretagem, é essencial tomar precauções para evitar o deslocamento das armaduras, ancoragens e formas. As lajes pré-moldadas treliçadas, que consistem em fios de aço no banzo superior interligados por fios de aço laterais em diagonal, podem ser usadas em uma variedade de estruturas, como edifícios residenciais, comerciais, pontes, viadutos, fábricas, galpões, entre outros. Devido à sua facilidade de instalação,

tornaram-se uma opção viável em comparação com outros tipos de lajes, e é importante notar a presença de estribos nas vigas (TRELIÇAS, 2017).

Conceito de Patologia

Apesar da grande desenvoltura da engenharia nos últimos tempos, existem problemas decorrentes do não atendimento de forma adequada de uma ou mais funções de uma construção, surgindo, então, patologias. A patologia, nada mais é que o estudo das anomalias e defeitos que afetam estruturas, edifícios e infraestrutura, bem como as causas subjacentes e os métodos para identificar, diagnosticar e remediar essas questões.

De acordo com Souza (2012) “as patologias são as falhas dentro de uma estrutura decorrente da má utilização de mão de obra ou até mesmo de materiais inadequados, que pode ocasionar rachaduras, vazamentos e um piso soltando”.

Costa (2011) afirma que patologia são as manifestações de defeitos em peças, estruturas, edifícios, projetos, construções ou tratamentos de superfície e também é definida como uma ciência na qual se estuda a origem, as causas e as consequências dos defeitos que podem surgir nas estruturas civis.

Os problemas que ocorrem com maior frequência na construção civil, como fissuras em elementos estruturais e fissuras em revestimentos, podem ser divididos em dois tipos, denominados problemas simples ou complexos. Para problemas de natureza simples, a padronização é permitida e pode ser resolvida sem que o especialista tenha conhecimentos muito avançados, enquanto problemas de natureza complexa requerem uma análise detalhada do problema, o que requer conhecimento avançado do assunto para tais análises. É apropriado usar ferramentas de análise de problemas para ajudar um profissional a diagnosticar a situação (RIPPER; SOUZA, 1998).

Segundo MCHAIG (1962), os problemas patológicos das edificações geralmente surgem devido à ignorância, descuido ou cobiça do ser humano. No caso da mudança de uso da laje pré-moldada:

- **Ignorância:** está associada à incompetência dos responsáveis pela elaboração do projeto, da construção ou da inspeção, além da falta de qualificação por parte dos encarregados e superiores ao supervisionar. Associada, também, à falta de conhecimento na execução através de funcionários sem a mínima noção técnica (MCHAIG, 1962);

- **Descuido:** da parte do empreendedor ou proprietário que se arrisca diante uma oportunidade, ou até mesmo dos engenheiros e arquitetos que, ao invés de supervisionar a execução do serviço deixam-na em segundo plano (às vezes por auto confiança) (MCHAIG, 1962);
- **Cobiça ou economia:** diminuição de custos correndo o risco de prejudicar aspectos com segurança e qualidade (MCHAIG, 1962).

Tais problemas podem ser evitados se for utilizado um checklist com itens como: verificação da flecha e da contraflecha, espaçamento das escoras, ancoragem dos ferros negativos das lajes nas vigas, o tipo da malha de ferro utilizada e a necessidade de ser usada, além do acompanhamento do capeamento da laje quanto à qualidade do concreto e quanto à exatidão na altura que deve possuir, entre outros.

Patologias em lajes pré-moldadas

Como já dito, mesmo com o grande avanço da engenharia ao longo da história ainda há fatores que a tornam um dos setores mais atrasados segundo El Debs (2017), como a baixa produtividade, a falta de controle tecnológico, a mão de obra desqualificada e o grande desperdício de materiais de construção.

Portanto, buscaram-se tecnologias para reduzir esse atraso, que seriam dispositivos associados a elementos pré-moldados de concreto. As estruturas constituídas por elementos pré-fabricados são denominadas estruturas pré-fabricadas de concreto, quando parte das estruturas é feita em locais adequados e com melhores condições e posteriormente montadas no local final como parte do processo construtivo (EL DEBS, 2017).

De acordo com Souza e Ripper (1998), quando se detecta uma estrutura com danos patológicos, é crucial compreender inicialmente as razões e os fatores que levaram ao surgimento dessas condições, bem como determinar a abordagem metodológica necessária para sua recuperação. A compreensão das raízes do problema é fundamental não apenas para identificar as causas e tratá-las, mas também para assegurar que a estrutura não seja suscetível a futuros danos.

Lajes pré-fabricadas são elementos estruturais que podem ser afetados por várias patologias ao longo do tempo. Essas patologias podem resultar de diversos fatores, incluindo projeto, qualidade dos materiais, execução da obra e condições ambientais. Algumas das patologias comuns em lajes pré-fabricadas incluem:

- **Trincas:** As trincas podem ocorrer devido a movimentações estruturais, sobrecargas excessivas, assentamento inadequado ou defeitos no concreto. Elas podem comprometer a integridade estrutural e a estanqueidade da laje (ARIVABENE, 2015);
- **Carbonatação:** A carbonatação do concreto é um processo em que o dióxido de carbono do ar penetra no concreto e reage com os componentes alcalinos, reduzindo o pH e diminuindo a proteção da armadura contra a corrosão (SANTOS, 2012);
- **Corrosão da armadura:** A corrosão da armadura é um problema comum em estruturas de concreto e pode ocorrer em lajes pré-fabricadas se a armadura não estiver devidamente protegida contra a umidade e a carbonatação. A corrosão da armadura enfraquece a estrutura e pode causar fissuras (SANTOS, 2012);
- **Desprendimento do revestimento:** O revestimento da laje, como argamassa ou epóxi, pode se desgastar com o tempo devido ao tráfego, abrasão e exposição a agentes químicos. Isso pode levar ao desprendimento do revestimento, deixando a laje exposta a danos adicionais;
- **Infiltração de água:** A infiltração de água pode ocorrer através de fissuras, juntas mal vedadas ou pontos fracos na impermeabilização. A umidade pode causar danos ao concreto, promover o desenvolvimento de mofo e causar problemas de qualidade do ar interno (ARIVABENE, 2015);
- **Deformações excessivas:** Deformações excessivas, como flechas e recalques, podem ocorrer devido a sobrecargas, má execução da obra ou projetos inadequados. Elas podem comprometer a funcionalidade da laje e a segurança estrutural;
- **Desgaste superficial:** A abrasão e o desgaste da superfície podem ocorrer em lajes pré-fabricadas sujeitas a tráfego intenso, como em estacionamentos. Isso pode levar à perda de espessura do concreto e à necessidade de reparos.

Para prevenir essas patologias e garantir a durabilidade das lajes pré-fabricadas, é essencial realizar inspeções regulares, manutenção preventiva e adotar práticas construtivas adequadas. Além disso, o uso de materiais de alta qualidade, projetos bem elaborados e a supervisão adequada durante a construção são fundamentais para evitar problemas futuros. Quando necessário, reparos e reforços devem ser feitos por profissionais qualificados para garantir a segurança e a funcionalidade da estrutura, segundo a Lei nº 5.194 (regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo, e dá outras providências).

Defesa civil diante de possíveis desastres de edificações.

A Defesa Civil desempenha um papel crucial na prevenção e resposta a desabamentos de obras. Segundo a Lei 12.608 (institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC) suas principais responsabilidades incluem:

- **Monitoramento e Avaliação:** A Defesa Civil monitora as condições climáticas e geotécnicas que podem afetar a estabilidade das obras. Isso inclui a realização de inspeções regulares em construções em andamento para garantir conformidade com os padrões de segurança;
- **Fiscalização e Regulamentação:** A Defesa Civil é responsável por garantir que as obras sigam os regulamentos de construção e segurança. Isso envolve a emissão de licenças e autorizações, além de realizar inspeções para verificar o cumprimento desses regulamentos;
- **Educação e Conscientização:** A Defesa Civil educa a comunidade sobre os riscos de desabamentos e fornece informações sobre medidas preventivas. Isso inclui campanhas de conscientização pública, treinamentos e workshops para construtores e engenheiros, e distribuição de material educativo;
- **Resposta a Emergências:** Em caso de desabamento de obras, a Defesa Civil coordena as operações de resgate e resposta. Isso envolve o acionamento de equipes de busca e salvamento, evacuação de áreas afetadas, fornecimento de abrigo temporário e assistência às vítimas e suas famílias;
- **Investigação e Análise:** Após um desabamento, a Defesa Civil conduz uma investigação para determinar as causas do incidente. Isso inclui a análise de projetos, materiais utilizados, métodos de construção, condições climáticas e outras variáveis relevantes;
- **Implementação de Medidas Corretivas:** Com base nas conclusões da investigação, a Defesa Civil recomenda e implementa medidas corretivas para evitar futuros desabamentos. Isso pode envolver a revisão de regulamentos de construção, aprimoramento de práticas de construção, fortalecimento da fiscalização e regulamentação, e educação contínua da comunidade.

Em resumo, a Defesa Civil desempenha um papel multifacetado na prevenção e resposta a desabamentos de obras, visando proteger a vida e a propriedade da população e promover a segurança e a resiliência das comunidades.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Verificação da laje de piso.

Com o intuito de verificar se a laje que foi usada na obra estava correta, foi feita uma análise detalhada no software de treliça da Arcellormital (empresa fornecedora de aço que desenvolveu o software), no qual se fixou o peso próprio da laje de $190,80\text{kgf/m}^2$ e uma carga permanente de: 50kgf/m^2 de contrapiso e 50kgf/m^2 de revestimento; e foi variando apenas a carga accidental, inicialmente com apenas 10kgf/m^2 , para ver até onde seria possível vencer esse vão de 4,95m livres na beta-14 à medida que fosse aumentando a carga, considerando a utilização das vigas justapostas, porém ainda desconsiderando as paredes distribuídas sobre a laje.

A partir do cálculo, notou-se que com a carga inicial de 10kgf/m^2 (ver anexo B-1) a laje treliçada beta-14 precisaria de no mínimo dois ferros de 5mm como armação positiva adicionados em cada vigota de treliça. Depois disso, foi feito um cálculo com 250kgf/m^2 de sobrecarga accidental (ver anexo B-2) e notou-se que a laje só conseguiria suportar essa carga com a adição de uma barra de aço de 6mm e outra de 10mm como armação positiva. Portanto a armação positiva de 6,3mm de bitola que foi encontrada adicionada à peça de treliça na obra não atendia a sobrecarga que a laje precisava suportar prevista no projeto da figura 1.

Outra irregularidade observada foi o isopor ter 7,5cm de espessura enquanto a laje tinha 10cm (sem o capeamento), o que mostra que o isopor e a vigota treliçada não estavam nivelado sendo necessário concreto a mais para dar o cobrimento correto de 4cm da laje.

Dimensionamento da laje de piso ideal.

A fim de encontrar a laje que seria ideal para a obra levando em consideração a falta de vigamento estrutural entre os pilares intermediários e a presença das paredes longitudinais e transversais que havia na obra, as quais possuía um pé direito de 2,75m de altura, foi feito um cálculo pelo mesmo software e foi obtido uma laje treliçada de 25cm de altura (sendo tanto a treliça quanto o preenchimento de isopor com 20cm de altura e mais 5cm de capeamento de concreto, que somados são 25cm de altura final) com duas barras de aço de 8mm como armação positiva acrescentada à treliça (ver anexo B-3).

Proposta de reforço estrutural.

Como essa laje ideal não poderia mais ser empregada na obra, a única forma cabível de solucionar a flecha de 4cm que a laje sofreu foi propor um reforço estrutural com estrutura metálica e para isso foram utilizados os softwares AutoCad, SAP2000 e VisualMetal. No AutoCad foi feita a planta de distribuição das vigas principais e secundárias da obra (ver anexo B-4) a qual foi exportada para o SAP2000 onde foram levantados os esforços para o dimensionamento do reforço estrutural (ver anexo B-5). E utilizou-se o software VisualMetal para dimensionar os perfis do reforço.

A partir disso, dimensionou-se a viga primária com o perfil W460x60 e a viga secundária com o perfil W200x26,6. Além disso, sugeriu-se o reforço localizado na vizinhança das vigotas treliçadas que foram danificadas para passar tubulações hidráulicas com o mesmo perfil das vigas secundárias (ver anexos B: 6 e 7).

Segundo a tabela SINAPI (Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil), estima-se que para efetuar esse reforço nesse tipo de perfil metálico o preço seria de R\$15,46 por quilo. Então, utilizando o software SAP2000 foi estimado o peso das vigas principais e secundárias, totalizando 3.892,944kg considerando dez por cento a mais das ligações, sendo possível mensurar um preço final de R\$60.184,91 para executar o reforço, como demonstrado na tabela 1.

Tabela 1 – Peso das vigas do reforço estrutural.

TABLE: Material List 2 - By Section Property				
Section	ObjectType	NumPieces	TotalLength	TotalWeight
Text	Text	Unitless	m	Kgf
viga principal	Frame	20	24,75	1456,4
viga secundária	Frame	32	79,5	2082,64
PESO DOS PERFIS				3539,04
PERDAS + LIGAÇÕES (10%)				353,904
PESO FINAL (ESTIMADO)				3892,944
PREÇO POR KG				R\$ 15,46
PREÇO DO REFORÇO ESTRUTURAL				R\$ 60.184,91

Fonte: Cálculos feitos pela autora. Maio/2024.

CONCLUSÃO

A partir do levantamento dos dados da obra coletados *in loco* e da análise desses dados, concluiu-se que é preciso efetuar o reforço metálico para que a laje venha a atender a

necessidade de uso da obra. Porém, pela falta de informação suficiente, não foi possível estender esta análise para as vigas, pilares e fundações de concreto armado.

Recomenda-se a realização de ensaios não destrutivos na obra para verificar a resistência do restante da estrutura e verificar se ela também atende os parâmetros definidos em normas técnicas.

Além disso, sobre o reforço da laje em estrutura metálica, o valor dado na tabela SINAPI não prevê um escoramento de uma estrutura já existente, sendo assim o preço que antes pela tabela era R\$15,46 por quilo, pode chegar a, aproximadamente, R\$25,00 por quilo, já que haveria dificuldades em executar a estrutura de aço do reforço. Portanto, seria um reforço que poderia chegar a até R\$97.500,00 em média.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-6120: **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR-7190: **Projetos de estruturas de madeira**. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14931: **Execução de estruturas de concreto – procedimentos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575: **Edificações habitacionais – desempenho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ARIVABENE, A C. **Patologias em estruturas de concreto armado estudo de caso** ISSN 2179-5568 – Revista Especialize On-line IPOG – Goiânia – Edição no 10 Vol. 01/2015 dezembro /2015.

BRASIL. Lei nº 5.194, de 24 de dezembro de 1966. **Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro-Agrônomo, e dá outras providências**. Brasília, DF: Conselho Federal de Engenharia e Agronomia, 1966.

BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. **Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC**. Brasília, DF: Conselho Federal de Engenharia e Agronomia, 2012.

COSTA. A. E. **O Conceito de Patologias da Construção Civil**. São Paulo. 2011.

EL DEBS, M. K. **Concreto pré-moldado fundamentos e aplicações**. São Paulo, Ed. Oficina de Textos, 2ª ed., 2017, 456p.

FIDELI, Ana. **Lajes pré-moldadas: tipos e vantagens para sua construção**. 2023. Disponível em: <https://www.tuacasa.com.br/laje-pre-moldada/>. Acesso em: 23 out. 2023.

ISRAEL: prédio desaba durante festa de casamento em Jerusalém em 2001. <https://www1.folha.uol.com.br/>. Acesso em 10 nov. 2023.

MALHA Pop: como e por que utilizar na obra. 2021. Disponível em: <https://acomais.com.br/malha-pop-como-utilizar/>. Acesso em: 20 abr. 2024.

MCKAIG, Thomas H. **Building Failures – case studies in construction and design**. New York : McGraw-Hill Book Company, 1962.

PEREIRA, Caio. **Laje pré-moldada: o que é, princípios, tipos e vantagens**. 2021. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/laje-pre-moldada/>. Acesso em: 22 out. 2023.

PIGOZZO, B. N.; FERREIRA, M. de A.; SERRA, S. M. B. **Evolução dos préfabricados de concreto**. In: Encontro Nacional de Projeto-Pesquisa Produção de Concreto Pré-moldado, 1, 2005.

REKSOWARDOJO, Arka P. et al. **Design and Control Benchmark of Rib-Stiffened Concrete Slabs Equipped with an Adaptive Tensioning System**. Asce, Alemanha, p. 1-19, 20 abr. 2024.

SANTOS, M. R. G. **Deterioração das estruturas de concreto armado – Estudo de Caso**. Monografia (Aperfeiçoamento / Especialização), Especialização em Construção Civil. Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2012.91p.

SILVA, F. B. **Patologia das Construções: uma especialidade na engenharia civil**. Revista Técnica. Edição 174. Setembro/2011.

SOUZA. T. R. **Definição de Patologias da construção Civil**. Rio de Janeiro. 2012.

SOUZA, V. C.; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Editora Pini, 1998.

SOUZA, Vicente Custódio de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. 1ª ed. São Paulo, Pini, 1998.

TOKUDOME, Naguisa. **Aditivo ou adição?** 2007. Disponível em: <https://www.cimentoitambe.com.br/massa-cinzenta/aditivo-ou-adicao/>. Acesso em: 22 out. 2023.

TRELIÇAS nervuradas. 2017. Disponível em: [file:///D:/Meus%20Documentos/Downloads/AF_ARC_0078_17AH_Trelicas%20Nervuradas_2017_WEB%20\(1\).PDF](file:///D:/Meus%20Documentos/Downloads/AF_ARC_0078_17AH_Trelicas%20Nervuradas_2017_WEB%20(1).PDF). Acesso em: 10 nov. 2023.

VASCONCELOS, AUGUSTO CARLOS DE. **O concreto no Brasil: Pré-fabricação, monumentos e fundações**. 3. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2002.

Para acessar a tabela do SINAPI (Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil): https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapicomposicoesaferidassumariocomposicoesaferidas/SUMARIO_DE_PUBLICACOES_E_DOCUMENTACAO_DO_SINAPI.pdf

Para acessar a tabela do SINAPI (Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil): https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_646

Os anexos constam no trabalho depositado no repositório institucional do Centro Universitário de Goiás (UNIGOIÁS).

Recebido: junho de 2025.

Aceito: outubro de 2025.